



E/CONF.39/A/190

27 Oct.1962

ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS  
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA  
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

---

Punto del programa : A.5.3.3

Argentina

PLANTAS MOVILES PARA CONCENTRACION DE MINERALES :  
UN VALIOSO ELEMENTO DE DESARROLLO Y TECNIFICACION  
PARA LA PEQUEÑA Y MEDIANA MINERIA

Por Laureano MUNIZ,  
Ing. Min., Prep. Min.,  
Instituto Nacional de Tecnología Industrial,  
Buenos Aires, Argentina

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Véanse notas al dorso.)

## NOTAS

---

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Únicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

**PLANTAS MOVILES PARA CONCENTRACION DE MINERALES:**  
**un valioso elemento de desarrollo y tecnificación para la**  
**pequeña y mediana minería.**

por Laureano Muñiz, Ing. Min., Prep. Min.

Instituto Nacional de Tecnología Industrial  
Buenos Aires, Argentina

**1. Introducción**

Pese a que Argentina comparte con Chile la Cordillera de Los Andes a lo largo de unos 3.500km al oeste, y con Bolivia y Chile el vasto altiplano de la Puna al NO, parece no haber sido favorecida con los grandes depósitos minerales de sus vecinos. Del mismo modo, las formaciones orogénicas más antiguas también se mostrarían reticentes en brindar los yacimientos de la importancia de sus correspondientes en otras partes del continente.

Es posible que esta pobreza aparente obedezca a fundadas razones geológicas, que en todo caso están lejos de ser conocidas, pero sí se puede afirmar que la minería no ha recibido en Argentina la atención que su importancia requiere. Las extensas y fértiles planicies aptas para la agricultura y la ganadería acapararon por mucho tiempo los esfuerzos del país convirtiéndolo en una comunidad esencialmente agropecuaria.

La rápida industrialización experimentada en los últimos años introdujo serios desajustes o desequilibrios en aquella estructura económica y social, no siempre controlables en forma inmediata. Una de estas anomalías es la ascendente demanda de minerales y metales que en ningún momento fue satisfecha por la incipiente producción nacional. La importación de estas materias primas gravita cada vez más en la balanza del comercio exterior desde que la producción industrial es absorbida casi enteramente dentro del país.

La búsqueda de nuevos yacimientos y la explotación racional de las reservas minerales conocidas son los caminos obvios para reducir las importaciones de materias primas minerales y alcanzar un eventual autoabastecimiento. El primero, es un camino lento y costoso y no siempre coronado con el éxito, - que requiere relevamientos y prospecciones regionales de incumbencia estatal, y fuertes inversiones en las etapas previas a la explotación. La extracción y beneficio del mineral presenta, en cambio, características controlables en forma inmediata.

Una acción integral para estimular la minería es poco menos que imposible dadas las actuales circunstancias económicas del estado. No obstante pueden alcanzarse resultados significativos tecnificando las casi primitivas medianas y pequeña minería con miras a un aprovechamiento más eficiente de las magras

reservas minerales. Una sugerencia en este sentido, es la introducción del uso de plantas móviles de pequeña capacidad, integrables con equipos disponibles to talmente en el país, de bajo costo y de recuperación total.

## 2. Estado Actual del Aprovechamiento de los Recursos Minerales en el País (excepto combustibles)

Una breve consideración de los problemas y dificultades encontradas en nuestra minería permitirá evaluar las posibles soluciones y en especial las ventajas ofrecidas por las plantas móviles de tratamiento aquí sugerida.

De los cuatro grandes yacimientos metalíferos conocidos con reservas significativas, sólo dos están en explotación. Ellos son mina Aguilar (Pb, Zn) con una producción de 1.100 TPD perteneciente a una empresa americana, y minas de Zapla (Fe) con 450 TPD explotados por Fabricaciones Militares. El yacimiento de Sierra Grande (Fe) es propiedad de Fabricaciones Militares y el de Farellón Negro (Mn, Au) cuya propiedad es compartida entre el Gobierno de la Prov. de Catamarca y la Universidad Nacional de Tucumán, aún están en la etapa de exploración.

Si bien no son de significación internacional, estas minas escaparían a muchas de las consideraciones expuestas a continuación, las que concernirían esencialmente a la llamada pequeña y mediana minería.

### 2.1- La Minería Dentro de la Economía Nacional.

Según el tipo de la actividad extractiva y la naturaleza del mineral extraído, es común en Argentina clasificar a las actividades mineras en minería metalífera, no metalífera y de rocas de aplicación. (materiales rocosos y sedimentos utilizados en la industria de la construcción).

Las reservas de rocas de aplicación son abundantes y su explotación no ofrece dificultades a pesar de que muy frecuentemente no se usa una mecanización adecuada y su preparación aún se realiza con medios más bien primitivos.

Donde el déficit de materias primas minerales se advierte es en los metalíferos y no metalíferos, adquiriendo caracteres graves en los primeros. Para el año 1958, p.e., la producción alcanzó un valor de u\$s 12 millones, mientras que se debió importar por un monto cercano a los u\$s 265 millones superando el correspondiente de la importación de petróleo y sus derivados que en ese año llegó a u\$s 200 millones. En otras palabras, la producción nacional de minerales sólo representa el 4,5% de la demanda doméstica.<sup>(1)(2)</sup>

Desde luego, estos valores no representan la situación real de las necesidades ya que, por diversas razones los consumos per cápita de los distintos metales están por debajo del de otros países de nivel cultural comparables. Si bien se han operado algunos cambios en favor de una reactivación de la minería, ésta se realiza a un ritmo lento y por debajo del crecimiento de las necesidades del mercado interno, observándose en algunos casos particularmente más bien una retracción.

El área ocupada por montañas y formaciones favorables para las actividades mineras es de un 30% del territorio nacional.<sup>(2)</sup> Para una buena parte de ella, la minería constituye la única posibilidad de incorporarse a la vida eco

nómica del país.

Las reservas minerales de las minas registradas son poco conocidas. Estudios previos incompletos y deficientes trabajos exploratorios no permiten hacer estimaciones con fundamento. Lo cierto es que los yacimientos con reservas significativas y convenientemente verificadas son poco más de diez. Los demás poseen reservas que van desde las 5.000ton. a las 50.000ton.

El subdesarrollo minero presenta pues caracteres críticos, no sólo por su incidencia en la economía nacional sino también por su gravitación social en una vasta porción de su territorio.

## 2.2- Características de las Faenas Mineras.

Infinidad de pedimentos mineros en que sólo unos pocos son trabajados irregular y esporádicamente, es el panorama predominante que se observa en la minería argentina. La mina, que generalmente está localizada en lugares más o menos inaccesibles (grandes altitudes, falta de caminos y largas distancias a líneas ferroviarias) y en un medio más bien riguroso (escasez de agua, clima de sértico), es pequeña y se trabaja con medios primitivos.

En tales condiciones, antes de que se puedan extraer las primeras toneladas, el minero debe afrontar fuertes erogaciones, por lo que el mineral debe ser vendido sin demora para atemperar el efecto de las primeras inversiones. Como consecuencia sólo extrae de las labores y rajos únicamente las partes más ricas del cuerpo mineralizado adoptando los métodos de laboreo que solamente la seguridad más elemental le indica. Ello entorpece sensiblemente el normal desarrollo del yacimiento eliminando toda posibilidad de un aprovechamiento racional tanto en la extracción como en la preparación del producto a ser comercializado.

Dispositivos primitivos son comunes tanto en la extracción como en la preparación del mineral. El equipo mecánico cuyo uso está un poco más generalizado son los compresores y martillos neumáticos. La mediana minería, en cambio, aparece mejor dotada mecánicamente, aunque presenta serios problemas principalmente en la preparación mineral por fallas técnicas de ingeniería y conducción de las operaciones.

## 2.3- Causas Determinantes de la Actual Situación Minera.

Los factores de orden económico que conforman el cuadro minero son múltiples y complejos. Las grandes erogaciones propias de las etapas iniciales del desarrollo es el obstáculo más difícil de vencer antes de tener la chance de vender las primeras partidas de mineral. Estas inversiones se ven aumentadas desproporcionadamente por los altos costos de una planificación deficiente o por la escasez o ausencia de equipo mecánico. Estas circunstancias colocan al negocio minero en un nivel de vulnerabilidad demasiado peligroso como para estimular las inversiones del capital común.

La localización de áreas favorables para determinados yacimientos y la eventual localización de cuerpos mineralizados están entorpecidas por la carencia de los relevamientos regionales básicos. Todos los hallazgos han sido casuales, efectuados por personas sin conocimientos especializados, por lo que la propiedad minera adquirió un carácter individual, poco inclinado a pedir el con

-curso técnico.

El aprovechamiento subsiguiente del depósito se realiza con medios primitivos y con miras a una rápida comercialización del mineral, con una preparación manual o usando dispositivos tales como maritatas, canoas, chuas, etc. Las características de un producto tal, están lejos de ser, por supuesto, constantes y frecuentemente se ven paralizados por diferencias con las especificaciones comerciales.

Finalmente, una política oficial de precios de aquellos minerales de exportación no ajustables a la realidad en ciertos momentos, y disposiciones legales un tanto anticuadas han constituido trabas para una rápida y compensativa evolución minera acorde con la creciente necesidad de minerales.

### 3. Plantas de Concentración de Minerales Móviles Susceptibles de ser Usadas por Pequeñas Empresas Mineras

Una contribución para incrementar la producción de materias primas minerales lo constituye, sin lugar a dudas, el uso de pequeñas plantas de concentración por la pequeña y mediana minería. Dicha experiencia ha sido realizada en otros países latinoamericanos (México) y aún en otros más desarrollados (EE.UU.) con excelentes resultados. Este equipo habilita al pequeño empresario a proseguir con el desarrollo del depósito mineral racionalmente a la vez que obtiene la información técnica indispensable para una eventual operación posterior en gran escala, siempre dentro de una evolución económica sólida.

Las plantas móviles son totalmente desconocidas en la minería argentina. Equipos de esta naturaleza son usados únicamente en canteras y ripieras para el tratamiento de material para la construcción y para obras viales, y son bien conocidas las ventajas de su operación a pesar de que sólo están compuestos de trituración y cernido en tromeles.

Las características de las plantas aquí sugeridas se apartan muy poco de los diseños comunes, ajustándose aquéllas a las condiciones locales más bien que al material a tratar. Estos equipos forman unidades compactas, totalmente independientes y absolutamente recuperables. Las instalaciones de servicio son reducidas al mínimo e integran la unidad dentro de las posibilidades.

Se considerarán dos tipos de plantas: Se designará como plantas portátiles aquéllas unidades montadas sobre chasis y ruedas remolcables con un camión standard (acoplado o semiacoplado). La capacidad estaría entre 10 a 30 TPD.

Las plantas móviles serían las unidades montadas sobre estructuras metálicas, las que serían ancladas a cimientos de mampostería. El flow-sheet sería más elaborado que el de las plantas portátiles, sujeto a las condiciones particulares de la mena a tratar. Por otra parte la capacidad también sería mayor, pudiendo llegar hasta 100 TPD según sea complejidad y tipo de tratamiento.

#### 3.1- Plantas Portátiles.<sup>(3)</sup>

La versatilidad de operación y de ubicación, la reducida capacidad y el bajo costo de las plantas portátiles las hacen particularmente adecuadas para la pequeña minería. Estas unidades pueden entrar en operación desde los primeros pasos de la apertura del yacimiento tratando y recuperando el mineral extraído de las labores de exploración y preparación, o tratan viejos relaves

cuyo volumen no justifica una planta mayor.

Las características sobresalientes de estas unidades son las siguientes:

- a) El costo inicial es relativamente bajo; el número de máquinas requerido es mínimo, todas ellas fabricadas en el país o pueden ser compradas de segunda mano con cierta facilidad.
- b) La recuperación del equipo es total, desde que está montado sobre chasis de fácil y rápido traslado. Puede circular por caminos mineros y en algunos casos (semiacoplado) incluso por sus propios medios.
- c) Su armado requiere los conocimientos de un oficial mecánico, aunque es preferible una asistencia técnica superior. El grupo electrógeno puede adquirirse completo o armarse con un motor de camión u otro similar de 50HP cña, y un generador adecuado.
- d) El trabajo de operación de la planta sólo requiere la atención de una persona.

Entre las ventajas emergentes de su aplicación se puede mencionar que los productos reunirán las especificaciones comerciales, las que serán mantenidas a lo largo de las sucesivas entregas. La posibilidad de contar con mineral vendible desde los primeros pasos del desarrollo minero, amenguará sensiblemente el impacto de las primeras inversiones. El aprovechamiento del depósito mineral será comparable con el de establecimientos industriales de mayor capacidad, pudiéndose aprovechar eventuales subproductos en procesos posteriores a costos ínfimos, perdidos en la actualidad para la economía del país.

En el aspecto técnico, la incorporación de estas unidades permitirá una gradual tecnificación de las operaciones mineras mediante la contundente razón de beneficios económicos inmediatos. La posibilidad de una extracción global (partes ricas y pobres) facilitará el complicado y riesgoso procedimiento de práctica común hoy. Por último, un tratamiento anticipado en escala semi-industrial permite la recolección de datos sobre el comportamiento metalúrgico de la mena para una eventual operación industrial.

### 3.2- Flow-sheets y equipos.

Las Figuras I-V muestran varios flow-sheets posibles para plantas portátiles. En todas, excepto la Figura V, se prevé una sección de reducción de tamaños y clasificación en circuito cerrado (Figura I) en donde se puede instalar una zaranda vibratoria para aumentar la capacidad de la trituradora o mejorar la trituration.

La maquinaria que integra esta sección es la siguiente:

|                                  |        |       |
|----------------------------------|--------|-------|
| 1 Trituradora a mandíbulas 5"x6" | 500kg  | 5 HP  |
| 1 Elevador a canchales 4"x6"     | 300kg  | 1 HP  |
| 1 Tolva metálica 5'x6'x5'        | 350kg  | -     |
| 1 Alimentador a cinta 3"x6"      | 200kg  | 1/4HP |
| 1 Molino cónico a bolas 3'x36"   | 2000kg | 15 HP |
| Carga de bolas                   | 1000kg | -     |
| 1 Clasificador espiral 12"x10'   | 750kg  | 1 HP  |
|                                  | 5100kg | 22 HP |

Las secciones subsiguientes del flow-sheet dependerá del mineral a ser tratado y su estado de agregación. Los sulfuros metálicos, p.e., podrán ser flotados globalmente en un circuito tal como el indicado por la Figura III, o bien intentarse la obtención de un concentrado de una especie (galena) y otro concentrado global (blenda, calcopirita, pirita, etc.), a ser tratado posteriormente, como lo señala la variante punteada de la misma Figura. Este circuito - también es apto para flotación de menas oxidadas y no metalíferos.

Ciertas asociaciones comunes de minerales metalíferos y no metalíferos, tales como sulfuros y baritina, fluorita, etc. pueden beneficiarse integralmente mediante circuitos mixtos de flotación y gravitación, tal el caso ilustrado en las Figuras III.

Un flow-sheet simple, apto para una recuperación global de minerales pesados, se ilustra en la Figura II. La capacidad de este circuito enteramente gravitacional, es relativamente grande.

Las maquinarias incluidas en estos circuitos son:

|                              |             |        |                                     |
|------------------------------|-------------|--------|-------------------------------------|
| Jig diafragma simplex        | 8"x12"      | 200kg  | $\frac{1}{2}$ HP                    |
| Jig diafragma duplex         | 8"x12"      | 450kg  | $\frac{3}{4}$ HP                    |
| Celda de flotación unitaria  | 16"x16"     | 400kg  | 1HP                                 |
| Banco de 4 celdas de flot'n. | 16"x16"     | 1000kg | 2HP                                 |
| Mesa de concentración        | 14'9"x5'11" | 2000kg | 1 $\frac{1}{2}$ HP(fuera de chasis) |

Para el tratamiento de depósitos aluvionales de minerales metalíferos, tal es el caso de arenas titaníferas de las playas atlánticas de la Prov. de Buenos Aires, el circuito indicado por la Figura V constituyó una solución que ha dado excelentes resultados en otros países.<sup>(5)</sup> Sus características principales son la sencillez del proceso, la baja energía necesaria y la gran capacidad. La clasificación previa se hace con trommel. Los concentrados (caso de las arenas titaníferas) pueden ser retratados con medios magnéticos para una separación mineralógica.

Las maquinarias y equipos auxiliares incluyen bombas de distintos tipos, filtro a discos con bomba de vacío, a ser instalados dentro del chasis, e instalaciones para la disposición y retratamiento de colas, agua de cabeza, es pesamiento, etc., a ser colocados fuera del chasis.

El grupo electrógeno puede incluirse dentro del chasis siempre que las vibraciones o el ruido no afecte la operación de la planta. Su potencia po drá ser de 50 a 60HP como mínimo.

El peso total de la unidad sobre el chasis dependerá del circuito adoptado, pero se puede estimar que estará entre 7 y 10ton.

### 3.3- Plantas Móviles.<sup>(4)</sup>

Frente a la gran versatilidad de las plantas portátiles, las plantas móviles son más estacionarias aunque éstas requieren sólo escasos movimientos de tierra y fundaciones para su montaje. Las instalaciones auxiliares fuera de estructura, son más completas. Por esta razón las plantas móviles tienen aplicación a aquellos yacimientos cuyas reservas le aseguren una operación continuada de un mínimo de 10 años para permitir una cómoda amortización de aquellas obras no recuperables.

El diseño de estas plantas es algo más elaborado que el de las portátiles y permite hacer separaciones verdaderamente industriales. De capacidades superiores a 40 ó 50 TPD, pueden constituir la solución final para el beneficio de un depósito mineral de reservas conocidas moderadas, o servir de planta regional para un grupo de pequeñas minas ubicadas en las proximidades.

Como en el primer caso, las plantas móviles constituyen verdaderas unidades compactas. La maquinaria de las distintas secciones del circuito están montadas sobre estructuras metálicas, totalmente recuperables. Según sea el tamaño, estas secciones se pueden trasladar montadas. Las operaciones de montaje y desmontaje requiere la dirección de un técnico especializado.

Plantas de este tipo han ganado general aceptación en otros países - llegando a capacidades tales como 100 TPH (medios densos para lavado de carbón). En Argentina, satisfaría las necesidades de la gran mayoría de las minas llamadas medianas. La operación requiere escaso personal, tres en la mayoría de los casos.

Cualquier tipo de mena podrá ser tratado, en general, con estas plantas. El tamaño de las máquinas son industriales, y los costos de producción también podrán considerarse industriales por lo que habría posibilidades de acceso al mercado exterior de aquellas sustancias exportables, tales como berilo, uranio, wolfram, tierras raras.

Los flow-sheets más comunes incluirían: medios densos, para hierro, fluorita, baritina, y eventualmente carbón; gravitacional, para minerales pesados; flotación, para sulfuros, menas oxidadas, etc.; circuitos compuestos, para separaciones más elaboradas; separación magnética, para hierro y otras sustancias magnéticas. El tratamiento de menas auríferas requerirá un estudio separado previo, para determinar la viabilidad de una planta de cianuración de este tipo, por las excesivas instalaciones auxiliares fuera de estructura, requeridas, y el volumen de ciertas unidades.

#### 4. Influencia del Uso de Plantas Móviles en la Reactivación Minera Argentina

Las ventajas económicas derivadas del empleo de estos equipos son obvias. El tratamiento es tan primitivo y depende tanto de la mano de obra que los altos costos eliminan de toda posibilidad a un gran número de yacimientos que, de otra forma constituiría una fuente de trabajo y de estabilización social en las zonas más pobres del territorio.

La tecnificación se introduciría en la forma más efectiva en un sector naturalmente reactivo a innovaciones aparentemente complicadas y de resultados inciertos. Por medios de pequeñas plantas, el pionero y las técnicas modernas de beneficio entrarían en contacto, y aquél aprendería a servirse de éstas en una medida cada vez mayor con las correspondientes ventajas económicas para la comunidad.

Una acción generalizada en este sentido permitiría no sólo una mayor disponibilidad de materias primas minerales en un plazo relativamente corto, - sino que la actividad privada tomaría sobre sí, la tarea de reactivar manifestaciones minerales autofinanciadamente, en forma e intensidad, por caminos clásicos de la localización de posibles grandes depósitos minerales.

### Referencias

- 1- Monchablon Alberto, et. al.; "Estudio Comparativo de la Acción Estatal de Fomento Minero en Chile, Perú y Bolivia". Div. Nac. de Geol. y Minería (1959)
- 2- Fuente: Estadísticas oficiales y estimaciones.
- 3- Anon. Denver Bulletin N° M5 - B5
- 4- Anon. Wemco Bulletins H1 - B16; H1 - B13, M3 - M4
- 5- Thompson J.V. y Brown W.E.; "The Humphreys spiral-some present and potential applications" E.M.J. pág. 87/89, Vol 151, N° 8 (1950)

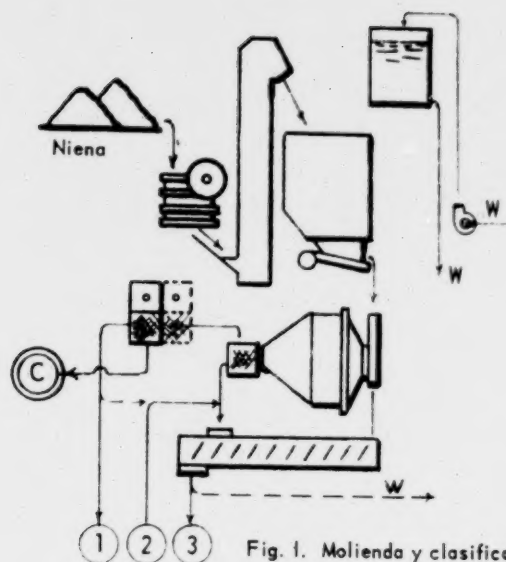


Fig. 1. Molienda y clasificación

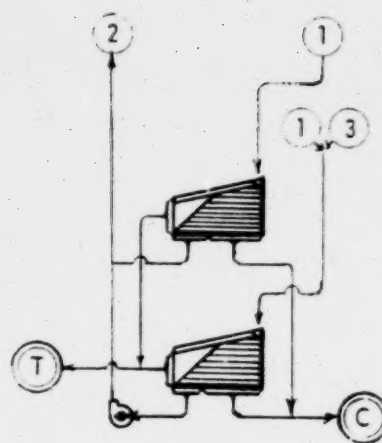


Fig. 2. Concentración gravitacional

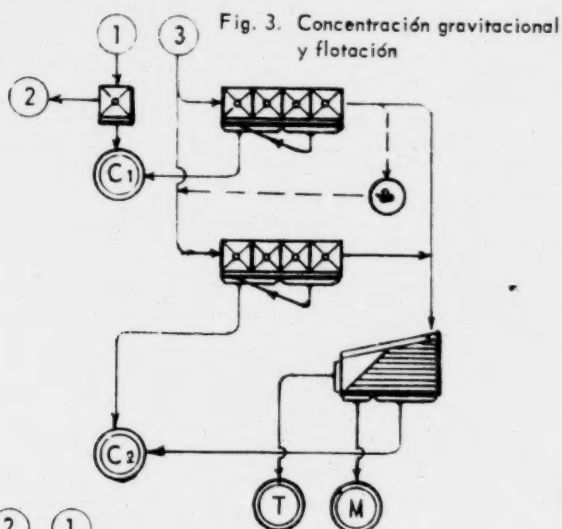


Fig. 3. Concentración gravitacional y flotación

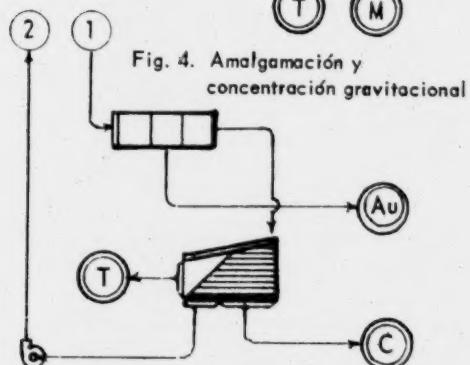


Fig. 4. Amalgamación y concentración gravitacional

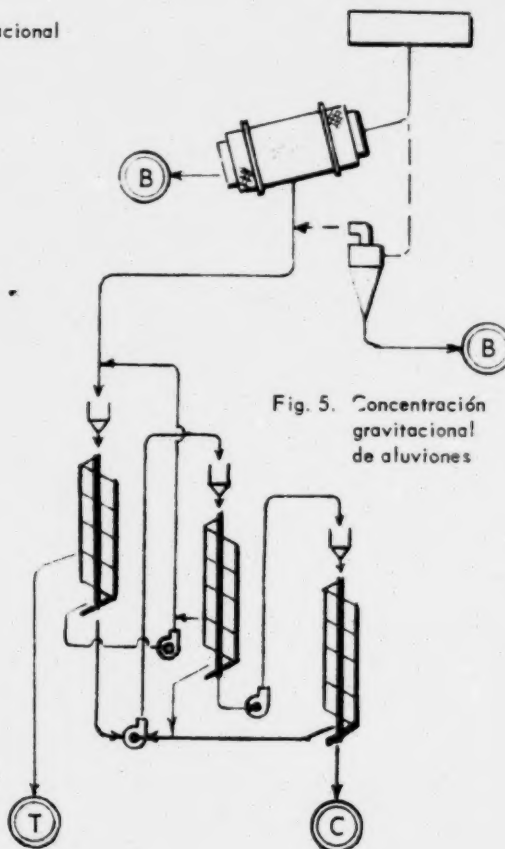


Fig. 5. Concentración gravitacional de aluviones

947 S - Nov.1962 - 600